

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

575/5

(Број захтева)

19.06.2025.

(Датум)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

РАЗВОЈ МАТЕМАТИЧКОГ МОДЕЛА ОБРАЗОВАЊА ЧВРСТИХ ЧЕСТИЦА ПРИ САГОРЕВАЊУ ДРВНЕ БИОМАСЕ ПРОМЕНЉИВОГ КВАЛИТЕТА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: Машинство (ужа научна област: Погонски материјали и сагоревање)

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: МИЛОШ (ЧЕДОМИР) МИЛИЈАШЕВИЋ
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду - Машински факултет, Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2014.
4. Година уписа на докторске студије: 2014.
5. Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Небојша Манић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Janković Bojan, Manić Nebojša, Popović Mina, Cvetković Slobodan, Džetelović Željko, Stojilković Dragoslava (2023). Kinetic and thermodynamic compensation phenomena in C3 and C4 energy crops pyrolysis: Implications on reaction mechanisms and product distributions, *Industrial Crops and Products*, 194(116275). Elsevier B.V., ISSN: 0926-6690, 10.1016/j.indcrop.2023.116275, M21a.
2. Zhang Jiaye, Chen Chongming, Zhou Ao, Rahman Zia Ur, Wang Xuebin, Stojilković Dragoslava, Manić Nebojša, Vujanović Milan, Tan Houzhang (2022). Morphology of char particles from coal pyrolysis in a pressurized entrained flow reactor: Effects of pressure and atmosphere, *Energy*, 238. Pergamon-Elsevier Science Ltd, Oxford, ISSN: 0360-5442, 10.1016/j.energy.2021.121846, M21a.
3. Janković Bojan, Manić Nebojša (2021). Model-free and model-based analysis of thermo-oxidative response of wolfberries: A new developed mechanistic scheme, *Food Chemistry*, 343. Elsevier Sci Ltd, Oxford, ISSN: 0308-8146, 10.1016/j.foodchem.2020.128530, M21a.
4. Janković Bojan, Manić Nebojša, Dodevski Vladimir, Radović Ivana, Pijović Milena, Katnić Djurica, Tasić Gvozden (2019). Physico-chemical characterization of carbonized apricot kernel shell as precursor for activated carbon preparation in clean technology utilization, *Journal of Cleaner Production*, 236. Elsevier Sci Ltd, Oxford, ISSN: 0959-6526, 10.1016/j.jclepro.2019.117614, M21a.
5. Janković Bojan, Manić Nebojša, Stojilković Dragoslava, Jovanović Vladimir (2018). TSA-MS characterization and kinetic study of the pyrolysis process of various types of biomass based on the Gaussian multi-peak fitting and peak-to-peak approaches, *Fuel*, 234, 447-463. Elsevier Sci Ltd, Oxford, ISSN: 0016-2361, 10.1016/j.fuel.2018.07.051, M21a.
6. Manić Nebojša, Janković Bojan, Stojilković Dragoslava, Popović Mina, Cvetković Slobodan, Mikulčić Hrvoje (2023). Thermodynamic study on energy crops thermochemical conversion to increase the efficiency of energy production, *Thermochimica Acta*, 719. Elsevier, ISSN: 0040-6031, 10.1016/j.tca.2022.179408, M21.
7. Manić Nebojša, Janković Bojan, Stojilković Dragoslava, Angelopoulos Panagiotis M., Radojević Miloš (2022). Thermal characteristics and combustion reactivity of coronavirus face masks using TG-DTG-MS analysis, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. Springer, Dordrecht, ISSN: 1388-6150, 10.1007/s10973-022-11358-9, M21.
8. Janković Bojan, Manić Nebojša, Jović Mihajlo, Smiciklas Ivana (2022). Kinetic and thermodynamic analysis of thermo-oxidative degradation of seashell powders with different particle size fractions: compensation effect and iso-equilibrium phenomena, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147(3), 2305-2334. Springer, Dordrecht, ISSN: 1388-6150, 10.1007/s10973-020-10474-8, M21.
9. Manić Nebojša, Janković Bojan (2022). Determination of Arrhenius parameters for advanced kinetic model used in CFD modeling of the wood pellet combustion process, *Fuel*, 323. Elsevier Sci Ltd, Oxford, ISSN: 0016-2361, 10.1016/j.fuel.2022.124323, M21.
10. Manić Nebojša, Janković Bojan, Milović Ljubica, Komatina Mirko, Stojilković Dragoslava (2021). The impact of production operating parameters on mechanical and thermophysical characteristics of commercial wood pellets, *Biomass Conversion and Biorefinery*. Springer Heidelberg, Heidelberg, ISSN: 2190-6815, 10.1007/s13399-021-01609-4, M21.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Драгослава Стојиљковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Zhang, J., Chen, C., Zhou, A., ur Rahman, Z., Wang, X., Stojilković, D., Manić, N., Vujanović, M. and Tan, H., 2022. Morphology of char particles from coal pyrolysis in a pressurized entrained flow reactor: Effects of pressure and atmosphere. *Energy*, 238, p.121846., doi: 10.1016/j.energy.2021.121846 (M21a)
2. Mao, H., Zhou, A., Zhang, Y., Zhang, J., Manic, N., Stojilkovic, D., Lai, Y., Deng, S., Hu, Z., Chen, Y. and Tan, H., 2024. Process system simulation of coupled pyrolysis disposal of domestic waste in coal-fired boiler and pilot study on dioxin emission. *Applied Thermal Engineering*, 253, p.123832., doi: 10.1016/j.applthermaleng.2024.123832 (M21a)
3. Janković, B., Manić, N., Stojilković, D. and Jovanović, V., 2018. TSA-MS characterization and kinetic study of the pyrolysis process of various types of biomass based on the Gaussian multi-peak fitting and peak-to-peak approaches. *Fuel*, 234, pp.447-463., doi: 10.1016/j.fuel.2018.07.051 (M21a)
4. Manić, N., Janković, B., Milović, L., Komatina, M. and Stojilković, D., 2023. The impact of production operating parameters on mechanical and thermophysical characteristics of commercial wood pellets. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(7), pp.5787-5803., doi: 10.1007/s13399-021-01609-4 (M21)
5. Manić, N., Janković, B., Stojilković, D., Popović, M., Cvetković, S. and Mikulčić, H., 2023. Thermodynamic study on energy crops thermochemical conversion to increase the efficiency of energy production. *Thermochimica acta*, 719, p.179408., doi: 10.1016/j.tca.2022.179408 (M21)
6. Manić, N., Jovanović, V., Stojilković, D. and Brat, Z.M., 2017. Application of different turbulence models for improving construction of small-scale boiler fired by solid fuel. *Thermal Science*, 21, pp.S809-S823., doi: 10.2298/tsci160627017m (M22)
7. Milišašević, M., Stojilković, D. and Manić, N., 2025. Computational fluid dynamics study of biomass moisture content impact on particle matter emissions. *Environmental Modeling & Assessment*, 30(1), pp.193-218., doi: 10.1007/s10666-024-09991-9 (M22)
8. Ceković, I., Manić, N., Stojilković, D., Trninić, M., Todorović, D. and Jovović, A., 2019. Modeling of wood chips gasification process in aspen plus with multiple validation approach. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 25(3), pp.217-228., doi: 10.2298/CICEQ180709034C (M23)
9. Castells, B., Amez, I., Manić, N.G., Stojilković, D.D., Medić, L. and Garcia-Torrent, J., 2022. Kinetic study of different biomass pyrolysis and oxygen-enriched combustion. *Thermal Science*, 26(5 Part B), pp.4131-4145., doi: 10.2298/TSCI2205131C (M23)

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 19.06.2025. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопшт

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена:

Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 575/5
Датум: 19.06.2025. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017, 73/2018, 27/2018 – др. закон 67/2019, 6/2020 – др. закони, 11/2021 – аутентично тумачење, 67/2021, 67/2021– др. закон и 76/2023), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године), Одлуке о изменама и допунама Статута број 239/6 од 17.02.2023. године и члана 38. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду - Машинском факултету, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 19.06.2025. године донело је:

О Д Л У К У

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације

Прихвата се Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **Милоша Милијашевића**, маг. инж. маш. под насловом **„Развој математичког модела образовања чврстих честица при сагоревању дрвне биомасе променљивог квалитета“**.

Извештај је поднела Комисија у саставу: др Александар Миливојевић, ред. проф., др Душан Тодоровић, ванр. проф. и др Љиљана Медић-Пејић, ред. проф. Polytechnic University of Madrid (UPM), Department for Energy and Fuels, Мадрид, Шпанија.

За менторе докторске дисертације именују се др Небојша Манић, ред. проф. и др Драгослава Стојиљковић, ред. проф.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата
Милоша Милијашевића, маг.инж.маш.

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Машинског факултета бр. 575/3 од 15.05.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под називом: „**Развој математичког модела образовања чврстих честица при сагоревању дрвне биомасе променљивог квалитета**“ кандидата **Милоша Милијашевића, маг.инж.маш.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милош Милијашевић је рођен 4. јануара 1990. године у Крушевцу. Основну школу и гимназију у Крушевцу завршио је са одличним успехом и стекао Вукову диплому за завршено основно образовање.

Школске 2009/10. године уписао је Машински факултет Универзитета у Београду, где је 2012. године завршио Основне академске студије са просечном оценом 8,71 (осам целих седамдесетједан). Исте године уписује Мастер академске студије на истом факултету које је завршио 2014. године, са просечном оценом 9,90 (девет целих деведесет). Мастер студије завршио је на модулу за Термотехнику, одбранивши мастер рад под називом „Анализа мера унапређења енергетске ефикасности породичне куће у Крушевцу“, под менторством проф. др Маје Тодоровић. Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписује 2014. године на Катедри за технологију материјала, у оквиру Лабораторије за горива и сагоревање, под потенцијалним менторством проф. др Небојше Манића и проф. др Драгославе Стојиљковић.

Од августа 2014. до краја 2016. године, радно искуство стицао је у предузећу „МПП Јединство“, на позицији пројектанта сарадника. У том периоду углавном је радио на пројектовању малих хидроелектрана. Након тог периода, наставља професионално усавршавање у областима пројектовања система грејања, хлађења и климатизације на

домаћим пројектима. Осим на домаћем тржишту, део свог искуства проширује и међународним ангажманом. Током шестомесечног боравка у Москви, Русија, био је задужен за пројектантски надзор над извођењем радова.

Од почетка 2017. године наставља своју каријеру у компанији „Енергопројект Ентел“ на позицији самосталног инжењера, радећи на пословима у различитим областима енергетике. Улога у компанији обухватала је рад на бројним пројектима од стратешког значаја за енергетску инфраструктуру земље, где је имао прилику да допринесе развоју и модернизацији система за производњу и дистрибуцију енергије. Као одговорни пројектант, издваја рад на пројектима у области термотехничких инсталација за енергетска постројења, укључујући комплексне системе који обухватају котловска постројења и помоћне системе за различите врсте термоелектрана и постројења за искоришћење отпада у производњи енергије. Значајан део стеченог искуства везан је за пројектовање технолошких процеса у оквиру инфраструктурних система за топлотно снабдевање великих урбаних подручја, са посебним акцентом на енергетску ефикасност и смањење емисија.

Поред пројектантског рада, руководио је тимовима задуженим за анализу и процену потенцијала за развој савремених енергетских постројења, укључујући гасно-парна постројења и обновљиве изворе енергије, са фокусом на њихову техничку и економску оправданост. Такође, стекао је значајно искуство у улози Фидик инжењера на изградњи нових енергетских блокова у оквиру термоелектрана, где је пружао техничку подршку, са посебним фокусом на преглед документације и пројеката везаних за котловска постројења и помоћне системе унутар термоелектране.

Радне квалификације потврђује полагањем Стручног испита за област машинство и стицањем лиценце 330 и 430 за Одговорног пројектанта и Одговорног извођача радова термотехнике, термоенергетике, процесне и гасне технике. Поред лиценци Инжењерске коморе Србије, поседује сертификате за интерног оцењивача система менаџмента квалитета 9001:2015, система менаџмента заштите животне средине 14001:2015, система менаџмента безбедности и здравља на раду 45001:2018, система енергетског менаџмента 50001:2018, као и сертификат за управљање ризицима на пројекту.

Поред сталног запослења, ангажован је и на активностима које су предвиђене докторским студијама. Константно ради на експерименту за израду докторске дисертације и пише радове за научне часописе и скупове у којима је првоименован или ко-аутор.

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Кандидат Милош Милијашевић, уписао је Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2014/15. године (бр. индекса Д15/2014). Положио је све испите предвиђене Планом усавршавања студената докторских студија, укључујући и Пројекат идеје докторске дисертације, чиме је остварио укупно 120 ЕСП бодова и испунио основни услов за пријаву докторске дисертације. Списак положених предмета, остварених ЕСП бодова и оцена дат је табеларно.

Редни број	Назив предмета	Година студија, семестар и број ЕСПБ				Оцена
		1. година		2. година		
		I	II	III	IV	
1.	Виши курс математике (о)	5				8 (осам)
2.	Нумеричке методе (о)	5				10 (десет)
3.	ОМНИР и комуникација (о)	5				10 (десет)
4.	Горива и посебна поглавља из сагоревања (и)	5				10 (десет)
5.	Одабрана поглавља из механике флуида (о)		5			10 (десет)
6.	Процеси и постројења заштите животне средине (и)		5			10 (десет)
7.	Екологија сагоревања (и)		5			10 (десет)
8.	Примена CFD у процесима сагоревања (и)			5		10 (десет)
9.	Технике мерења у сагоревању (и)			5		10 (десет)
10.	Истраживање и публикување – I	10				10 (десет)
11.	Истраживање и публикување – II		15			10 (десет)
12.	Истраживање и публикување – III			20		10 (десет)
13.	Истраживање и публикување – IV				8	10 (десет)
14.	Пројекат идеје докторске дисертације				22	10 (десет)

Легенда: о – обавезни предмет, и – изборни предмет.

Списак објављених радова

Рад у истакнутом међународном часопису (M22)

1. Milijašević, M., Stojiljković, D. & Manić, N. Computational Fluid Dynamics Study of Biomass Moisture Content Impact on Particle Matter Emissions. Environ Model Assess (2024). <https://doi.org/10.1007/s10666-024-09991-9>

Рад на међународним скуповима (M33)

1. Milijašević Miloš, Manić Nebojša, Bajc Tamara, Stojiljković Dragoslava, Todorović Maja (2015). *Techno-Economic Analysis Of The Applied Heat Sources For Heating On The Example Of Family House In Krusevac*, Proceedings of 5th Regional Conference on Industrial Energy and Environmental Protection in Southeast Europe (IEEP) 2015. Society of Thermal Engineers of Serbia, ISBN: 978-86-7877-025-8.
2. Milijašević Miloš, Bajc Tamara, Todorović Maja (2014). *Uticaj metodologije proračuna gubitaka toplote prema DIN 4701 iz 1959. i SRPS EN 12831:2012 na potrebnu instalisanu snagu grejnih tela*, Proceedings of the 45. International HVAC&R Congress Belgrade Serbia.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

За време Докторских студија кандидат је показао смисао и знање неопходно да самостално препозна и решава инжењерске и научне проблеме, примењујући савремене истраживачке методе, како експерименталне тако и статистичке, као и да користи расположиву литературу. Резултати досадашњег научног рада доказ су способности кандидата за самосталну научно-истраживачку делатност и успешну израду докторске дисертације са предложеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет докторске дисертације је дефинисање утицаја карактеристика биомасе (огревног дрвета) на образовање и емисију чврстих честица у уређајима за сагоревање мале снаге који се користе у домаћинствима. Сагоревање огревног дрвета представља значајан извор топлотне енергије која се користи за грејање, при чему истовремено значајно доприноси загађењу ваздуха емисијом штетних гасова (CO , NO_x и др.), а посебно чврстих честица. Разумевање механизма образовања и емисија наведених загађујућих материја од суштинског је значаја за заштиту животне средине и здравља људи. Обновљиви извори енергије сматрају се атрактивном алтернативом фосилним горивима, али њихов утицај на животну средину у великој мери зависи од технологија које се користе у производњи топлотне и електричне енергије. Сагоревање огревног дрвета, као један од најраспрострањенијих облика обновљиве енергије у домаћинствима, и даље је предмет бројних научних истраживања широм света [1] [2] [3] [4]. С обзиром на растуће загађење животне средине и све већу свест јавности о потреби за чистијим изворима енергије, велики број истраживања је усмерен на оптимизацију процеса конверзије енергије из биомасе [4] [5] [6] [7] [8] [9] [10] [11]. Иако се сматра да сагоревање биомасе не доприноси ефекту стаклене баште због неутралног циклуса угљен-диоксида [12], истраживања су указала [13] [14] [15] да сагоревање у уређајима за сагоревање мале снаге који се користе у домаћинствима, због променљивог садржаја влаге у огревном дрвету, као и ручног додавања горива, носи одређене ризике и захтева додатну пажњу у контексту постизања енергетске ефикасности, задовољења захтева у погледу емисија загађујућих материја и безбедности.

Чврсте честице представљају један од значајнијих материја које доприносе како загађењу ваздуха, тако и климатским променама [3] [16] [17] [18] [19] [20] [21]. Честице не утичу само на локално и регионално загађење ваздуха, већ и на климатске промене, како у регионалним, тако и на глобалним размерама.

Образовање чврстих честица током сагоревања биомасе зависи од бројних фактора, укључујући карактеристике горива, тип уређаја за сагоревање, услове сагоревања (укључујући садржај влаге, снагу уређаја, вишак ваздуха и др.). Проучавање ових фактора и њиховог утицаја на образовање чврстих честица, са циљем оптимизације ефикасности уређаја за сагоревање, омогућава побољшање енергетских и еколошких карактеристика процеса сагоревања.

Бројна експериментална истраживања показала су да повећан садржај влаге у огревном дрвету доводи до нижег степена корисности уређаја за сагоревање и вишеструко већих емисија чврстих честица у односу на суво дрво [13] [14] [15]. Истовремено, процене емисија загађујућих материја за европске земље и Северну Америку показују да сагоревање огревног дрвета у уређајима за сагоревање у домаћинствима чини до половине антропогених емисија чврстих честица, при чему је њихов допринос нарочито изражен у зимском периоду [22] [23].

Како би се емисије смањиле, развијени су нискоемисиони уређаји за сагоревање огревног дрвета, као и напредни CFD и модели за процену емисија који прате образовање чврстих честица и другим загађујућих материја. Међутим, параметри квалитета горива у тим моделима најчешће се обухватају парцијално или се заснивају на емпиријским корекцијама [24] [25] [26]. Иако су бројна истраживања поуздано показала појединачне зависности како садржај влаге или врста дрвета утичу на емисије загађујућих материја [27] [28] [29], и даље недостају интегрисани математички модели који у једном оквиру повезују више својстава горива са радним режимима уређаја за сагоревање мале снаге и истовремено предвиђају њихове енергетске и еколошке карактеристике. Недостатак оваквих модела оставља простор за значајан научни допринос предложене дисертације.

Циљ предложене докторске дисертације је испитивање и анализа утицаја квалитета горива (огревног дрвета) на процес сагоревања, посматрано са аспекта енергетских и еколошких карактеристика уређаја за сагоревање. Основни задатак истраживања подразумева анализу утицаја квалитета горива на промене одређених параметара, карактеристичних за процес сагоревања. Циљ испитивања је успостављање везе између улазних параметара, као што су различите карактеристике горива и режима рада уређаја за сагоревање на емисије загађујућих материја (посебно чврстих честица). На основу анализе утицаја квалитета горива на карактеристике процеса сагоревања, формираће се математички модел који ће бити верификован кроз испитивања на експерименталној инсталацији.

Докторска дисертација ће обухватити експериментална истраживања, која ће, уз помоћ развијеног математичког модела и одговарајућег софтверског пакета, омогућити детаљну симулацију процеса сагоревања огревног дрвета у уређајима за сагоревање, као и анализу утицаја одређених параметара (садржаја влаге) на емисију загађујућих материја (посебно чврстих честица).

Верификација модела омогућиће анализу утицаја више фактора, као што су квалитет горива са различитим садржајем влаге, топлотно оптерећење уређаја за сагоревање, режими сагоревања и расподела ваздуха за сагоревање, на енергетске и еколошке карактеристике уређаја за сагоревање. Ово истраживање, такође, пружа основу за оптимизацију конструкције и унапређење процеса сагоревања.

Релевантни библиографски извори:

- [1] P. Motyl, M. Wikło, J. Bukalska, B. Piechnik и R. Kalbarczyk, „A new design for wood stoves based on numerical analysis and experimental research“, *Energies*, vol. 13, no. 5, Art. no. 1028, 2020. doi: 10.3390/en13051028
- [2] T. Nussbaumer, „Introduction to biomass combustion and pollutant reduction in wood stoves and boilers“, у *Proc. 6th Central European Biomass Conf.*, 2020, pp. 22–24.
- [3] Md. Obaidullah, „Particle mass and gaseous emissions from small-scale modern wood stoves“, *Int. J. Energy Appl. Technol.*, vol. 6, pp. 57–64, 2019. doi: 10.31593/ijeat.518973
- [4] E. D. Vicente, M. A. Duarte, A. I. Calvo, T. F. Nunes, L. Tarelho и C. A. Alves, „Emission of carbon monoxide, total hydrocarbons and particulate matter during wood combustion in a stove operating under distinct conditions“, *Fuel Process. Technol.*, vol. 131, pp. 182–192, 2015. doi: 10.1016/j.fuproc.2014.11.021

- [5] B. Brandelet, C. Rose, C. Rogaume и Y. Rogaume, „Impact of ignition technique on total emissions of a firewood stove“, *Biomass Bioenergy*, vol. 108, pp. 15–24, 2018. doi: 10.1016/j.biombioe.2017.10.047
- [6] M. Obaidullah, S. Bram, V. K. Verma и J. De Ruyck, „A review on particle emissions from small scale biomass combustion“, *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 2, pp. 147–159, 2012.
- [7] S. Kalla, H. Marcoux и A. Champlain, „CFD approach for modeling high and low combustion in a natural draft residential wood log stove“, *Int. J. Heat Technol.*, vol. 33, no. 1, pp. 33–38, 2015. doi: 10.18280/ijht.330105
- [8] H. Jeanmart et al., „Simulation of wood logs combustion in a stove at peak pyrolysis conditions“, y *Proc. European Combustion Meeting*, 2013.
- [9] N. Manić и B. Janković, „Determination of Arrhenius parameters for advanced kinetic model used in CFD modeling of the wood pellet combustion process“, *Fuel*, vol. 323, Art. no. 124323, 2022. doi: 10.1016/j.fuel.2022.124323
- [10] I. Hrablay и L. Jelemenský, „Kinetics of thermal degradation of wood biomass“, *Chem. Pap.*, vol. 68, pp, 2014. doi: 10.2478/s11696-014-0622-y
- [11] X. Xu, R. Pan и R. Chen, „Comparative thermal degradation behaviors and kinetic mechanisms of typical hardwood and softwood in oxygenous atmosphere“, *Processes*, vol. 9, Art. no. 1598, 2021. doi: 10.3390/pr9091598
- [12] J. G. Speight, „Properties of fuels from wood sources“, y *Biofuels Handbook*, J. G. Speight, Ed. Cambridge, U.K.: Royal Society of Chemistry, 2011, pp. 304–330. doi: 10.1039/9781849731027-00304
- [13] B. G. Tucho et al., „Effect of wood moisture content on the performance of wood burning cook stoves“, *Int. J. Sustain. Eng.*, vol. 16, pp. 1–10, 2023. doi: 10.1080/19397038.2022.2159568
- [14] A. Price-Allison et al., „The impact of fuelwood moisture content on the emission of gaseous and particulate pollutants from a wood stove“, *Combust. Sci. Technol.*, vol. 195, pp. 133–152, 2023. doi: 10.1080/00102202.2021.1938559
- [15] Y. Lai et al., „Characterisation of wood combustion and emission under varying moisture contents using multiple imaging techniques“, *Fuel*, vol. 373, Art. no. 132397, 2024. doi: 10.1016/j.fuel.2024.132397
- [16] M. Rabaçal и M. Costa, „Particulate emissions from the combustion of biomass pellets“, y *Handbook of Biomass Combustion*, ch. 7, pp. 101–135, 2015.
- [17] U. Fernandes и M. Costa, „Formation of fine particulate matter in a domestic pellet-fired boiler“, *Energy Fuels*, vol. 27, pp. 1081–1092, 2013. doi: 10.1021/ef301428m

- [18] O. Sippula, Fine Particle Formation and Emissions in Biomass Combustion, Ph.D. thesis, Univ. Eastern Finland, 2010.
- [19] J. Tissari, O. Sippula, J. Kouki, K. Vuorio и J. Jokiniemi, „Fine particle and gas emissions from the combustion of agricultural fuels fired in a 20 kW burner“, *Energy Fuels*, vol. 22, pp. 2033–2042, 2008. doi: 10.1021/ef700766y
- [20] J. A. Koziński и R. Saade, „Effect of biomass burning on the formation of soot particles and heavy hydrocarbons: an experimental study“, *Fuel*, vol. 77, pp. 225–237, 1998. doi: 10.1016/S0016-2361(97)00201-9
- [21] J. Tissari et al., „Fine particle and gaseous emissions from normal and smouldering wood combustion in a conventional masonry heater“, *Atmos. Environ.*, vol. 42, pp. 7862–7873, 2008. doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.07.019
- [22] R. Kouznetsov и I. Styuryakov, „The contribution of residential wood combustion to PM_{2.5} concentrations in the Helsinki metropolitan area“, *Zenodo Preprint*, 2025. doi: 10.5281/zenodo.5713862
- [23] J. Zalzal, Y. Liu, A. Smargiassi и M. Hatzopoulou, „Improving residential wood burning emission inventories with the integration of readily available data sources“, *Sci. Total Environ.*, vol. 946, Art. no. 174226, 2024. doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.174226
- [24] H. Luo, Y. Du и W. Lin, „CFD modeling of a modern wood stove: soot formation“, *Renew. Energy*, vol. 232, Art. no. 121054, 2024. doi: 10.1016/j.renene.2024.121054
- [25] L. Schwarzer, A. M. Frey и M. Warming-Jespersen, *Design of Low Emission Wood Stoves*, IEA Bioenergy, Task 32, 2022.
- [26] O.-K. Nielsen, M. Nielsen и M. S. Plejdrup, *Updating the Emission Model for Residential Wood Combustion*, DCE Rep. SR442, Aarhus Univ., Denmark, 2021.
- [27] S. S. Amaral, J. A. De Carvalho, M. M. Costa и C. Pinheiro, „Particulate matter emission factors for biomass combustion“, *Atmosphere*, vol. 7, Art. no. 141, 2016. doi: 10.3390/atmos7110141
- [28] J. Tissari et al., „Fine particle emissions from sauna stoves: effects of combustion appliance and fuel, and implications for the Finnish emission inventory“, *Atmosphere*, vol. 10, Art. no. 775, 2019. doi: 10.3390/atmos10120775
- [29] H. Rinta-Kiikka et al., „The effect of wood species on fine particle and gaseous emissions from a modern wood stove“, *Atmosphere*, vol. 15, Art. no. 839, 2024. doi: 10.3390/atmos15070839

3. Полазне хипотезе

Хипотеза од које се полази подразумева да сагоревање огревног дрвета у уређајима за сагоревање мале снаге који се користе у домаћинствима може допринети значајним емисијама загађујућих материја (гасова и честица), које могу негативно утицати на квалитет ваздуха и здравље људи. Емисија чврстих честица зависи од различитих параметара, укључујући конструкцију уређаја за сагоревање, својства горива и услове сагоревања. Стога је од кључног значаја дефинисати параметре који утичу на емисију чврстих честица при сагоревању огревног дрвета и развијати ефикасне методе за смањење њихове емисије.

Дефинисање параметара који утичу на емисију чврстих честица омогућава развој модела процеса сагоревања у уређајима за сагоревање. Кључни истраживачки кораци су:

- Анализа параметара који утичу на квалитет (карактеристике) горива – садржај влаге и доња топлотна моћ горива,
- Анализа параметара процеса сагоревања и конструкције уређаја за сагоревање који утичу на потпуност сагоревања и степен корисности - температура сагоревања, време сагоревања и турбуленција у ложишту, довод горива и ваздуха, организовање процеса сагоревања, пренос топлоте и евакуација димних гасова из ложишта,
- Дефинисање параметара као и граничних услова за развој математичког модела процеса сагоревања, преноса топлоте и струјања у уређају за сагоревање.

Основне хипотезе су:

1. Садржај влаге у огревном дрвету има негативан утицај на степен корисности уређаја за сагоревање и позитиван утицај на емисију чврстих честица у димним гасовима.
2. Доња топлотна моћ огревног дрвета је обрнуто пропорционална концентрацији СО и органских гасовитих једињења у продуктима сагоревања.
3. Процесни параметри као што су температура и време задржавања гасова у ложишту и интензитета турбуленције или степен мешања одређују више од 80% укупне променљивости у количини несагорелих честица које се појаве у продуктима сагоревања.
4. Количина вишка ваздуха распоређена у две зоне (примарни и секундарни ваздух) може значајно да смањи емисије чврстих честица (преко 30%).
5. Заједнички утицај топлотне инерције зидова ложишта и режима струјања гасова одређује брзину хлађења продуката сагоревања, при чему брзо хлађење доводи до бројнијих, ситнијих честица, док спорије хлађење ствара мањи број већих честица.
6. На основу хипотеза 1 до 5 биће развијен свеобухватни математички модел који треба да предвиди масене концентрације чврстих честица са средњом апсолутном грешком $\leq 20\%$ у односу на експериментално измерене вредности.

Сагледавањем свих наведених параметара и постављањем математичког модела сагоревања у уређају за сагоревање, омогућава се свеобухватан приступ оптимизацији процеса сагоревања огревног дрвета и смањење емисије чврстих честица насталих током процеса сагоревања за различите квалитете огревног дрвета. На основу валидације постављеног математичког модела омогућиће се његова примена на другим уређајима за сагоревање и за друга горива добијена из биомасе (нпр. пелети, сечка).

4. Научне методе истраживања

За потребе истраживачког рада у оквиру планираног испитивања примениће се аналитички приступ, који ће омогућити анализу постојећих сазнања у области моделирања сагоревања

огревног дрвета у уређајима за сагоревање, као и емисија загађујућих материја. Након детаљног прегледа расположиве литературе и сагледавања досадашњих истраживања у наведеној области, биће дефинисан одговарајући математички модел процеса сагоревања, релевантан за предмет изучавања. Модел ће обухватити кључне параметре, укључујући карактеристике горива и услове сагоревања у уређају за сагоревање, као и њихов утицај на емисију загађујућих материја у ваздух. У оквиру математичке поставке модела биће дефинисане основне транспортне једначине за разматрани физички процес сагоревања огревног дрвета, и то:

- једначина одржања масе - једначина континуитета,
- једначина одржања момента количине кретања,
- једначина одржања енергије,
- једначина одржања хемијских компонената.

За решавање предложеног модела користиће се софтверски пакет ANSYS Fluent, у оквиру кога ће бити употребљена метода коначних запремина, као најраспрострањенији начин решавања система једначина, прорачунски домен ће бити подељен на коначан број запремина, за чије су централно место (чвор) постављане транспортне једначине. Решавањем система једначина за сваки чвор засебно, у оквиру FLUENT-а, биће одређене конкретне вредности појединих величина у сваком чвору, на основу чега ће бити дефинисано поље разматране величине унутар геометрије прорачунског простора. Избор оптималног броја чворова, односно броја коначних запремина дефинисаће геометрију мреже која ће се формирати унутар разматраног геометријског простора, чиме ће се извршити оптимизација тачности добијеног решења и потребног времена прорачуна.

Поред аналитичке анализе и нумеричке симулације разматраног процеса, истраживање ће обухватити и експериментална испитивања која ће бити спроведена на специјално пројектованој експерименталној инсталацији, како би се верификовао предложени математички модел за нумеричку симулацију сагоревања огревног дрвета у уређајима за сагоревање. Својства горива одређују се у складу са стандардима SRPS EN ISO 18134-1:2023 (садржај влаге) и SRPS EN ISO 18125:2017 (доња топлотна моћ). Температура, састав димних гасова и масена концентрација чврстих честица на излазу из уређаја за сагоревање огревног дрвета биће мерени инструментом Testo 380 током експерименталних испитивања. Развијени модел биће коришћен за параметарску анализу утицаја различитог садржаја влаге у гориву (огревном дрвету) и његов ефекат на параметре процеса сагоревања и емисије загађујућих материја, у циљу побољшања енергетских и еколошких перформанси испитиваног уређаја за сагоревање.

На основу верификације математичког модела и параметарске анализе, биће омогућено коришћење модела и за будућа истраживања у овој области.

5. Очекивани научни допринос

Резултати предложеног научног истраживања омогућиће детаљно сагледавање фактора који утичу на емисију загађујућих материја из уређаја за сагоревање мале снаге који се користе у домаћинствима за сагоревање огревног дрвета. На основу сагледавања утицајних фактора, биће посебно анализиран утицај влаге у гориву као једног од кључних параметара.

У оквиру докторске дисертације биће неопходно спровести анализу која ће узети у обзир повећање садржаја влаге у гориву и утицај на температуру у ложишту и постизање одговарајуће топлотне снаге уређаја за сагоревање. Такође потребно је анализирати како

промена садржаја влаге утиче на емисије угљен диоксида (CO_2) угљен монооксида (CO) и чврстих честица односно постизања услова за потпуно сагоревање и потпуну трансформацију угљеника из горива. Сва истраживања у оквиру ове докторске дисертације треба да имају за циљ свеобухватну анализу производње топлотне енергије у уређајима за сагоревање мале топлотне снаге који се користе у домаћинствима на квалитет ваздуха, животну средину и људско здравље.

Истраживање утицаја садржаја влаге у дрвету на ефикасност и емисије пружа важне могућности за развој ефикаснијих система сагоревања. Ови резултати наглашавају значај детаљне припреме горива и стратегија складиштења које имају за циљ очување оптималног нивоа влаге. Такве мере су неопходне за обезбеђивање процеса сагоревања који су не само ефикасни, већ и минимално утичу на животну средину кроз смањење штетних емисија.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру ове докторске дисертације обухвата следеће фазе:

- Преглед и систематизацију теоријских и експерименталних истраживања из области настанка чврстих честица у процесу сагоревања и њихов утицај на загађење животне средине и климатске промене,
- Дефинисање истраживачког задатка на основу прегледа литературе,
- Дефинисање математичког модела процеса и нумеричка симулација,
- Пројектовање и извођење инсталације за експериментална испитивања,
- Експериментално испитивање процеса сагоревања,
- Обрада и дискусија резултата експерименталних испитивања,
- Параметарска анализа математичког модела,
- Поређење резултата модела са експерименталним резултатима,
- Закључак и предлози за даљи рад.

Предложена докторска дисертација оквирно ће садржати следећа поглавља:

- 1) Увод
- 2) Огревно дрво у процесу сагоревања
- 3) Дефинисање и значај проблема емисије чврстих честица
- 4) Механизми настанка чврстих честица
- 5) Моделирање процеса сагоревања оревног дрвета и емисије чврстих честица у уређајима за сагоревање мале снаге који се користе у домаћинствима
- 6) Експериментално испитивање процеса сагоревања оревног дрвета и мерење емисија чврстих честица
- 7) Анализа резултата експерименталних испитивања
- 8) Моделовање и нумеричка симулација процеса сагоревања оревног дрвета и емисије чврстих честица
- 9) Резултати и дискусија процеса валидације развијеног модела и нумеричке симулације
- 10) Параметарска анализа
- 11) Закључак и предлог за наставак истраживања
- 12) Литература
- 13) Прилози

7. Закључак и предлог

Анализом пријаве теме докторске дисертације кандидата **Милоша Милијашевића, маг. инж. маш.**, Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме докторске дисертације закључује да је предложена тема научно утемељена и актуелна, као и да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета. Сходно томе, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату **Милошу Милијашевићу, маг. инж. маш.**, одобри израда докторске дисертације са темом:

„Развој математичког модела образовања чврстих честица при сагоревању дрвне биомасе променљивог квалитета“

Тема припада научној области машинско инжењерство, ужа научна област: Погонски материјали и сагоревање, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За менторе предметне дисертације предлажу се:

др Небојша Манић, редовни професор на Катедри за технологију материјала Машинског факултета Универзитета у Београду, који у претходних десет година има 65 објављених радова у научним часописима са SCIE Web of Science листе из области погонских материјала и сагоревања (<https://enauka.gov.rs/cris/rp/rp05985>)

и

др Драгослава Стојиљковић, редовни професор на Катедри за технологију материјала Машинског факултета Универзитета у Београду, која у претходних десет година има 38 објављених радова у научним часописима са SCIE Web of Science листе из области погонских материјала и сагоревања (<https://enauka.gov.rs/cris/rp/rp10741>) .

У Београду, 05.06.2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Александар Миливојевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Душан Тодоровић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Љиљана Медић-Пејић, редовни професор
Polytechnic University of Madrid (UPM), Department
for Energy and Fuels, Мадрид, Шпанија